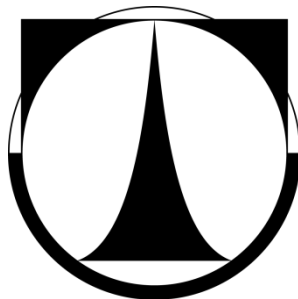


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA STROJNÍ

Katedra energetických zařízení



JAROSLAV KODEŠ

**Regenerace vody kontaminované hliníkovým prachem - návrh
příslušenství k hydrodynamické vaně**

**(Regeneration of water contaminated with aluminum powder - proposal
accessories to hydrodynamic bath.)**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Petr Novotný, CSc.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Markéta Petříková

Rozsah práce

Počet stran: 32

Počet obrázků: 27

Počet tabulek: 16

Počet příloh: 2

Liberec 2013

Anotace

Tématem bakalářská práce je separování hliníkového prachu z kontaminované vody (vizualizační kapaliny). Jedná se o vodu z vodovodního řádu. Na hladinu vody je nanесena disperze (vizualizační přísady). Po ukončení experimentu bude ve výtokové části experimentálního zařízení docházet k separaci hliníkového prachu. Cílem bakalářské práce je konstrukce příslušenství k experimentálnímu zařízení, které povede ke kontinuálnímu odstraňování hliníkového prachu z vizualizační kapaliny. Po separaci na navrženém příslušenství k hydrodynamické vaně bude odtékající vizualizační kapalina obsahovat minimum hliníkového prachu.

Navržená konstrukce příslušenství vychází z rešerše metod separace realizovatelných na hydrodynamické vaně. Dále vychází z vlastností hliníkového prachu při mechanické metodě separace.

Klíčová slova

Hydrodynamická vana, separační metody, hliníkový prach, separační příslušenství.

Annotation

The theme bachelor of the thesis is the separation of aluminum powder from contaminated water (visualization fluid). This is the water from the water system. On the surface of water is applied dispersion (visualization ingredients). Visualization liquid is in the experimental apparatus and used for experiments on it. After the experiment will discharge part of the experimental equipment lead to separation of aluminum powder. The aim of the Bachelor thesis is to design accessories for experimental devices, which will lead to the continual removal of aluminum powder from the visualization of the liquid. The aim of this work is the design of accessories for experimental devices that will lead to the continuous removal of aluminum dust visualization of fluid. After separation, the proposed accessory hydrodynamic tank will be drained fluid visualization contain a minimum of aluminum dust.

The proposed design of accessories based on the literature search methods of separation sale on hydrodynamic tank. Furthermore, based on the properties of aluminum dust in mechanical separation method.

Key words

Hydrodynamic bath, separation methods, aluminum powder, separation accessories.

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřeby TUL. Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. Applies to my thesis in full, in particular Section 60, School work. I am fully aware that the Technical University of Liberec (TUL) is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL. If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date

Signature

Poděkování

Velice rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petrovi Novotnému, CSc. za odborné vedení mé bakalářské práce a cenné rady a připomínky, dále především konzultantovi bakalářské práce Ing. Markétě Petříkové za příjemnou spolupráci a cenné informace.

OBSAH

ÚVOD	5
1. TEORETICKÁ ČÁST	6
1.1 Vizualizační metody	6
1.2 Disperzní soustavy	6
1.3 Vlastnosti hliníkového prachu	7
1.3.1 Výroba prachového kovu	7
1.3.1.1 Metoda rozstřikování taveniny	8
1.3.1.2 Metoda rychlého tuhnutí	8
1.3.1.3 Metoda mechanického legování	8
1.3.1.4 Metoda reakčního mletí	9
1.3.2 Vlastnosti kovového prachu	9
1.3.2.1. Chemické vlastnosti	9
1.3.2.2 Fyzikální vlastnosti	9
1.3.2.3 Technologické vlastnosti	9
1.4. Separační metody	10
1.4.1 Sedimentace	11
1.4.2 Centrifugace	11
1.4.3 Filtrace	12
1.4.4 Vypařování	13
2. PRAKTICKÁ ČÁST	14
2.1 Vlastní návrh řešení separace	14
2.1.1 Varianta 1	14
2.1.2 Varianta 2	17
2.1.3 Charakteristika zkoušeného materiálu	19
2.1.4 Možnosti výroby válečku	20
2.1.5 Zkoušené materiály	23
3. ZÁVĚR	30
4. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	31
5. SEZNAM PŘÍLOH	32

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

ZKRATKA.....VÝZNAM

GPC.....	gelová permeační chromatografie
GSC.....	plynová adsorpční chromatografie
IEC.....	ionexová chromatografie
GLC.....	plynová rozdělovací chromatografie
LSC.....	kapalinová chromatografie adsorpční
LLC.....	kapalinová rozdělovací chromatografie

ÚVOD

V experimentální mechanice tekutin jsou metody, které nazýváme vizualizační. Význam těchto metod spočívá v tom, že nám poskytují obraz proudění, podle něhož si můžeme vytvořit kvalitativní názor na proudění tekutiny. Tyto metody pomáhají vyjasnit fyzikální podstatu dějů probíhajících při různých podmínkách proudění. Metody ulehčují vytvoření fyzikálního modelu přibližující se realitě, který je dále základem teoretické analýzy.

Existuje mnoho způsobů a příprav experimentů pro vizualizační metody. Jeden ze způsobů vizualizační metody při experimentech na hydrodynamické vaně je nanášení hliníkového prachu na volnou hladinu kapaliny. Tímto způsobem vytvoříme disperzi, která dále slouží k vizualizačnímu experimentu.

Při daném experimentu odtéká vizualizační kapalina, která obsahuje hliníkový prach. Navrhuji zařízení, které bude příslušenstvím k hydrodynamické vaně mající za úkol kontinuálně odebírat tuto přísadu z kapaliny, která dále odtéká do kanalizace.

Realizované experimenty na hydrodynamické vaně jsou charakteru dvourozměrného proudění. Lze i realizovat třírozměrné proudění, které dále slouží pro numerické simulace, kde musíme nadefinovat počáteční a okrajové podmínky.

V následujících kapitolách teoretické části jsou informace o přípravách experimentů, vlastnostech vizualizačních přísadách, existujících separačních metodách hliníkového prachu z vody.

1. TEORETICKÁ ČÁST

1.1 Vizualizační metody

Poměrně rozšířené jsou metody vizualizace proudění tekutin sledováním částic tvořících souvislé oblasti v tekutinách. Tyto metody jsou vhodné pro vizualizaci proudění kapalin, plynů i pro vizualizaci dvoufázového proudění. Pokud tekutina neobsahuje uvedené částice, je třeba tyto do tekutiny zavádět. Musíme však dbát na to, aby zaváděné částice sledovaly proudnice a neovlivňovaly charakter sledovaného proudění. [1]

Pro vizualizační experimenty na hydrodynamické vaně se používají stopovací částice, které plavou na volné hladině, nebo v objemu vizualizační kapaliny. Metoda zavádění na volnou hladinu spočívá v nanášení hliníkových, nebo lycopodiových částic. Pro vizualizaci se využívá nádrž naplněná kapalinou. Při pohybu kapaliny částice na hladině vytvoří obraz proudění. Metoda zavádění sledovaných částic na povrch kapaliny umožňuje dvojrozměrnou vizualizaci proudění. Používá se nejčastěji nádrž obdélníkového tvaru, která je naplněná vodou. Metodu zavádění stopovacích částic do objemu kapaliny reprezentuje metoda zavádění pramének barviva pod hladinu, případně aplikace nitěných sond.

Pro realizaci experimentu na hydrodynamické vaně musíme vytvořit koloidní disperzi. Disperze se používá proto, že samotný hliník nelze na hladinu vody rovnoměrně nanést. Při rozprášení hliníkového prachu jsou jednotlivé částičky unášeny nepatrným prouděním vzduchu v místnosti. Na hladině vznikají nepravidelné shluky a hromádky. Tomuto nežádoucímu jevu se zabrání vytvořením disperze.

1.2 Disperzní soustavy

Koloidní disperze

Koloidní disperze (koloidně disperzní soustavy, koloidní soustavy) jsou významné především díky svým unikátním fyzikálně chemickým vlastnostem (např. závislost absorpce světla na velikosti částic). Specifické chování koloidně disperzních soustav souvisí mimo jiné s jejich velkou plochou fázového rozhraní mezi disperzní fází a disperzním prostředím v porovnání s vlastním objemem (množstvím) rozptýlené disperzní fáze. [4]

Tyto fyzikálně chemické vlastnosti lze názorně sledovat i na hliníkovém prachu (disperzní fázi) rozptýleném ve vodě (disperzním prostředí). Díky povrchově aktivní látce (jaru), který se přidává před experimentem do hliníkového prachu plave na hladině vody. Tato vlastnost nám umožňuje vybrat metody separace, které využijí této vlastnosti k odstranění hliníkového prachu z vody.

1.3 Vlastnosti hliníkového prachu

Hliníkový prach je možné charakterizovat jako lehký, stříbrobílý až šedý prach bez vůně. Je velmi reaktivní a hořlavý. Vyznačuje se vysokou afinitou ke kyslíku, a proto okamžitě vytváří oxidy. Z toho důvodu jsou prakticky ihned po vyrobení pokryty vrstvičkou oxidu. Některé prášky se proto ošetřují působením určitých látek, např. stearinu, s cílem minimalizovat jejich oxidaci povrchu. Hliníkový prach vykazuje vysokou afinitu i k vlhkosti. Navlhlý prach se na vzduchu rozžhaví, přičemž se vytváří zápalný vodíkový plyn. Při styku s vodou, silnými kyselinami, silnými zásadami nebo alkoholy se také vytváří zápalný hořlavý vodíkový plyn. Hliníkový prach může explozivně reagovat s množstvím anorganických a organických látek. Z důvodu potlačení hořlavosti se některé prášky povlakuji polystyrenem, nebo minerálním olejem. Práškový hliník je netoxický. [3] Při manipulaci, nebo při výrobě hliníkového prachu musíme být opatrní, aby nedošlo k jeho vdechnutí.

Fyzikální vlastnosti hliníku se výrazně mění i v závislosti na čistotě prachu a přítomnosti legujících prvků. Fyzikální a technologické parametry práškových částic hliníku jsou výrazně podmíněny způsobem a konkrétními podmínkami přípravy prášku. Například hliníkový prach získaný rozstříkáváním vody je charakteristický částicemi menší velikosti s nepravidelným tvarem, drsnějším a více zoxidovaným povrchem než plynem rozstříkovaný prach. V tabulce je uvedena závislost tvaru částic hliníkového prášku vzhledem ke způsobu jeho výroby. [3]

Vlastnosti hliníkového prachu, které se využívají při experimentech na hydrodynamické vaně musí mít tyto specifikace. Hliníkový prach by měl mít částice o velikosti do 35 mikrometru a na povrchu částic by měla být nanесena povrchově aktivní látka (jar).

Tab. 1 - Závislost tvaru částic práškového hliníku vzhledem ke způsobu přípravy.[3]

Způsob přípravy	Tvar částic
Rozstříkování vzduchem	Nepravidelný, pórovitý
Rozstříkování plynem	Kulovitý
Odstředivé rozstříkování	Kulovitý a jehlicový
Mletí	Zrnitý, talířovitý, vícevrstvý

1.3.1 Výroba prachového kovu

Práškový hliník může být připraven různými způsoby. Nejčastěji používanými metodami podle [3] jsou:

- Metoda rozstříkování taveniny
- Metoda rychlého tuhnutí
- Metoda mechanického legování
- Metoda reakčního mletí

1.3.1.1 Metoda rozstříkování taveniny

Metoda rozstříkování taveniny je v podstatě rozpad - rozdrobení proudu taveniny, který se mění na tuhé částice a všeobecně se používá na výrobu různých kovových prášků a slitin. Rozstříkování proudu taveniny je možné působením jiného média (tlakem vody, plynu, oleje) nebo mechanickým způsobem (odstředivé rozstříkování), stejně jako i kombinací těchto dvou způsobů. Výhodou rozstříkování je vysoká produktivita a možnosti široké automatizace procesu. [3]

Při této metodě výroby prachového hliníku není na částice nanesen minerální olej a také nemá požadovanou strukturu. Není zde potřebná stejná velikost částic. Proto nemůžeme tento vyrobený prach touto metodou použít na hydrodynamické vaně pro experimenty.

1.3.1.2 Metoda rychlého tuhnutí

Při přípravě slitin metodou rychlého ochlazování je základním požadavkem na legující prvky jejich rozpustnost a nízká difuzivita v hliníkové matici v tuhém stavu, čímž se zabezpečí vyprecipitování velkého množství nerozpustných sekundárních částic. Dalším požadavkem na legující prvky je jejich nízká teplota tavení a vysoká rozpustnost v tekutém matricovém kovu. Mikrostruktura práškových částic získaných metodou rychlého tuhnutí je důsledkem vysoké rychlosti tuhnutí vždy velmi jemná a vyznačuje se rovnoměrnou distribucí jednotlivých složek. Pozitivním projevem jemnosti struktury jsou vyšší pevnostní a únavové charakteristiky výsledných kompaktních produktů v porovnání s konvekčními litými materiály. Velká pozornost v procesu přípravy způsobem rychlého tuhnutí prášků musí být věnována operačnímu kroku dehydratace, resp. odplyňování. [3]

Při této metodě výroby prachového hliníku není na částice nanesen minerální olej a také nemá požadovanou strukturu. Není zde potřebná stejná velikost částic. Proto nemůžeme tento vyrobený prach touto metodou použít na hydrodynamické vaně pro experimenty.

1.3.1.3 Metoda mechanického legování

Mechanické legování umožňuje tvorbu mikrolegovaných kompozitních částic prášku v tuhém stavu, v procesu vysoce energetického mletí prášků ve velmi výkonných kulových mlýnech. Při mechanickém legování tedy není nutná výrazná rozpustnost legur v tekutém stavu. Metoda mechanického legování je založena na kombinaci plastické deformace, opakovaného lámání se, svaření a drcení částic v průběhu vysoce energetického mletí kovových prášků. Udržování rovnováhy mezi částicemi svařenými a drcenými (stejně jako i velikost částic) je možné přidáním přísad uhlíku (resp. dusíku), které vytvoří submikronové disperzoidy. Tyto karbidy a jemné oxidické částice tvořící se lámáním oxidických filmů a povrchu částic stabilizují submikronovou velikost zrna hliníkové matrice. Důležité je přidání povrchově aktivních činidel, které zabraňují kontaktu „čerstvých“ povrchů kovového prášku a potlačují přilepování prášku na stěny mlecí nádoby-kontejneru, mlecí vrtule i na mlecí kuličky. Výsledkem vysoce energetického mletí je homogenní a jemná mikrostruktura s rovnoměrným rozložením sekundárních částic v matricovém kovu. [3]

Tato metoda splňuje námi požadované vlastnosti hliníkového prachu. Částice jsou stejné velikosti, mají na povrchu minerální olej a také mají jehlicovou strukturu.

1.3.1.4 Metoda reakčního mletí

Metoda reakčního mletí je modifikací mechanického legování a byla speciálně vyvinuta na přípravu disperzně zpevněných hliníkových slitin. Základem metody je současně mletí hliníkového a uhlíkového prachu za přítomnosti kyslíku. [3]

Metoda reakčního mletí je modifikací mechanického legování tedy má stejné vlastnosti. Proto můžeme tento prach použít na experimenty.

1.3.2 Vlastnosti kovového prachu

1.3.2.1 Chemické vlastnosti kovového prachu

K chemickým charakteristikám prášku patří jeho chemické složení - čistota. Nejčastější nečistotou v kovových práscích je kyslík a jeho množství výrazně závisí na způsobu přípravy prášku. Mezi chemické vlastnosti prášku patří i schopnost samovznícení, vyplývající především z afinity daného práškového kovu ke kyslíku. Důležitou chemickou charakteristikou prášku je jejich toxicita. [3]

1.3.2.2 Fyzikální vlastnosti kovového prachu

K fyzikálním vlastnostem prášků patří tvar – morfologie a velikost částic, jejich granulometrické složení, měrný povrch, měrná hmotnost a mikrotvrdost částic. Morfologie, velikost a měrný povrch částic závisí na způsobu přípravy práškových kovů. Mikrotvrdost charakterizuje pevnostní vlastnosti práškových částic a je ovlivněna chemickým složením, strukturou a vnitřní pórovitostí částic. Fyzikální charakteristiky podmiňují technologické vlastnosti prášku. [3]

1.3.2.3 Technologické vlastnosti kovového prachu

Technologické charakteristiky práškových kovů jsou: sypná měrná hmotnost, měrná hmotnost po setřesení, tekutost a lisovatelnost. Tekutost je důležitá vlastnost a dobrá tekutost je potřebná z hlediska možnosti automatizace procesů lisování, stejně jako z hlediska dosažení rovnoměrné měrné hmotnosti výlisků. Tekutost je ovlivněna morfologií, velikostí, granulometrickým složením, jakostí povrchu a vlhkostí částic. Např. pro tekutost je výhodná kulovitá morfologie a střední hodnoty vlhkosti. [3]

1.4 Separační metody

Separační metody (dělicí metody) jsou fyzikálně-chemické metody spočívající v oddělení (separování, izolování) složek směsí. Využívá se schopnost separovat látky na základě určitého parametru (např. různé teploty varu, velikosti molekul, rozdílné hustoty). [5]

Patří sem metody srážení, sublimace, destilace, dialýza, atd. Dělení separačních metod je mnoho, zde je uveden jeden z možných způsobů dělení:

- mechanický:
 1. podle velikosti: dialýza, filtrace, ultrafiltrace, GPC, GSC
 2. podle hustoty: sedimentace, centrifugace, ultracentrifugace
- chemický:
 1. změna stavu: srážení, elektrodepozice
 2. specifická vazba: afinitní chromatografie
 3. iontová výměna: IEC
- fyzikální
 1. rozdělování: GSC, GLC, LSC, LLC
 2. změna stavu: destilace, sublimace, krystalizace
 3. migrace: elektroforéza

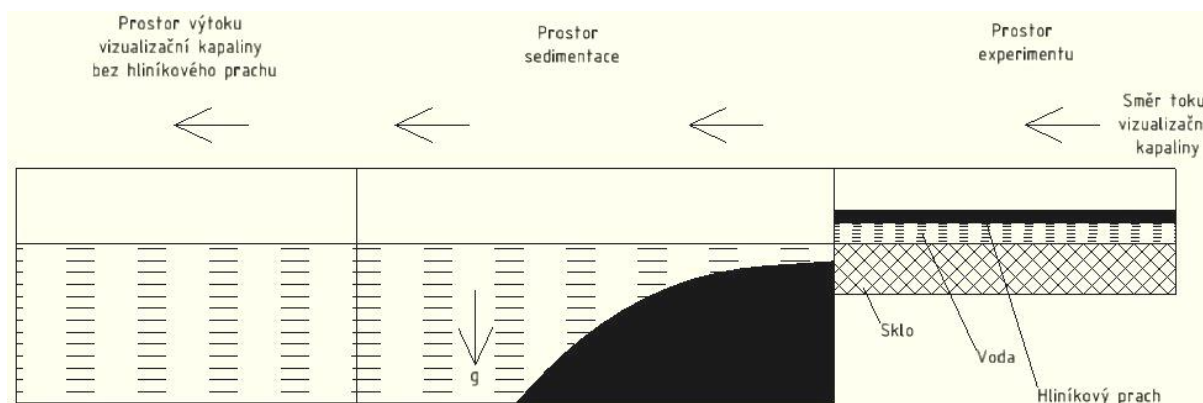
Při zvolené separaci hliníkového prachu se mohou využít tyto vlastnosti.

- Chemické vlastnosti - změna rozhraní, mikrotvrdost, oxidace
- Fyzikální vlastnosti - velikost částic, povrchově aktivní látka
- Technologické vlastnosti - tekutost

1.4.1 Sedimentace

Sedimentace (Obr.1) je proces usazování pevných a těžších částic, které jsou rozptýlené v plynu nebo kapalině (kapalně nebo plynné směsi). Usazují se na základě gravitačních sil. Pohyb částice v gravitačním poli je rovnoměrný, částice s větší hustotou klesají ke dnu (disperzní fáze má větší hustotu než disperzní prostředí). Sedimentace závisí na poměru hustot částic, velikosti a tvaru částic a viskozitě disperzního prostředí.

Sedimentace hliníkového prachu potřebuje dostatečný čas na usazení tzn. velkou sedimentační plochu. V laboratoři není dostatečný prostor pro realizaci této metody.

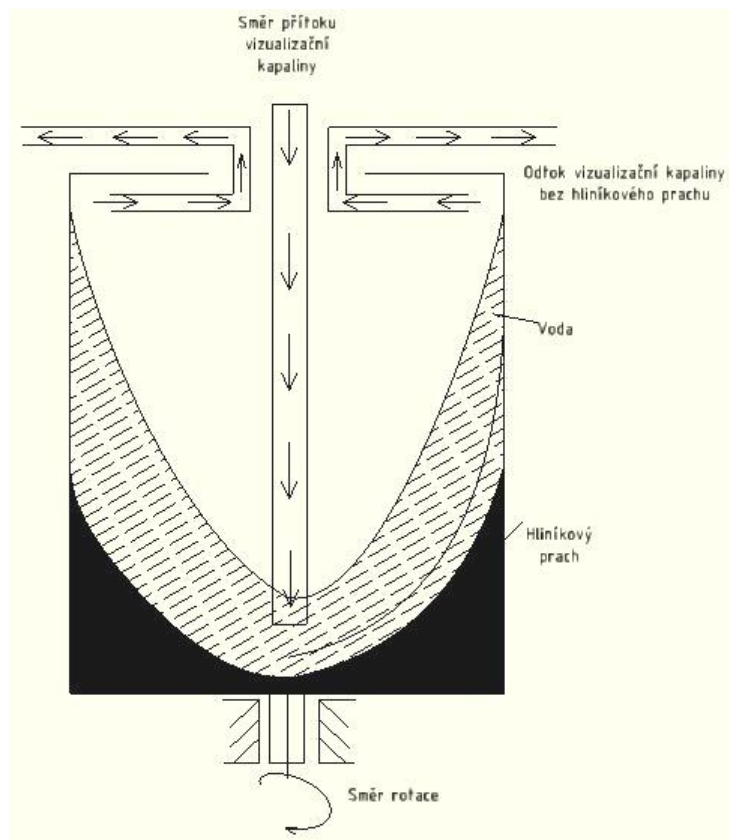


Obr. 1 - Sedimentace

1.4.2 Centrifugace

Při centrifugaci (Obr.2) dochází k oddělení některých velmi jemných suspenzí, kde je filtrace neúčinná, protože tuhá fáze buď prochází filtrem, nebo se filtrační materiál s menšími póry krátkodobě ucpe. V takových případech oddělíme složky odstředováním. Při odstředování je dělení tuhé fáze a kapalně fáze závislé na rozdílu jejich hustot, na odstředivé síle, která je úměrná frekvenci otáčení, a na poloměru otáčení. V odstředivém poli sedimentují částice radiálním směrem, těžší částice směrem od osy otáčení a lehčí částice naopak. Rychlost pohybu částic se mění s jejich vzdáleností od osy otáčení.

Tato metoda by se z množství použitého hliníkového prachu nevyužila, protože hliníkového prachu je zapotřebí pro experiment opravdu málo. Proto tuto metodu nebudeme realizovat.

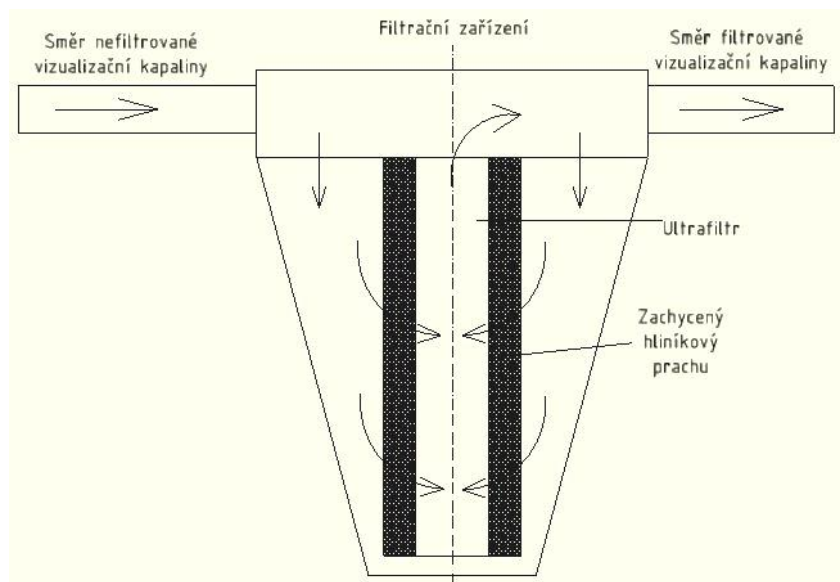


Obr. 2 - Centrifugace

1.4.3 Filtrace

Filtrace (Obr.3) je metoda dělení pevné částice od kapaliny na porézní přepážce (pórovitém materiálu) - filtru. Filtr zachycuje pevné částice a propouští tekutinu (filtrát). Částice na filtrační přepážce vytvářejí filtrační koláč, obsahující prakticky veškerou pevnou látku ze zpracovávané směsi. Hnací síly filtrace jsou gravitace, rozdíl tlaků (filtrace tlaková, vakuová) nebo odstředivá síla (filtrační odstředivka). Jako filtr slouží nejčastěji filtrační papír, ale v určitých situacích lze jako filtr použít i látku nebo písek.

Filtr pro filtraci hliníkového prachu musí být velmi jemný tzn., že bude docházet k rychlému zanesení filtru a tím tedy k zastavení filtračního procesu. Proto tuto metodu nebudeme realizovat.

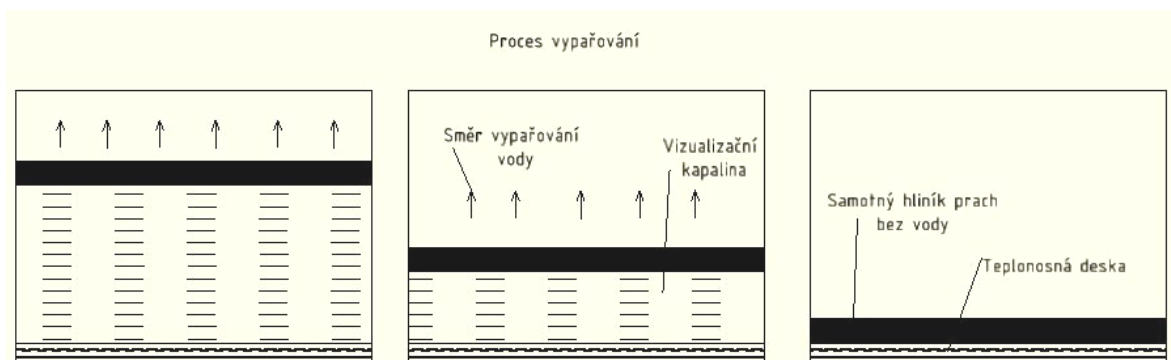


Obr. 3 - Filtrace

1.4.4 Vypařování

Vypařování (Obr.4) je skupenská přeměna, při které se kapalina mění na plyn.

Vizualizační kapalina obsahuje černou barvu, která by se při procesu vypařování připekla k hliníkovému prachu a tím zabránila k jeho odstranění. Proto tuto metodu nebudeme realizovat.



Obr. 4 - Vypařování

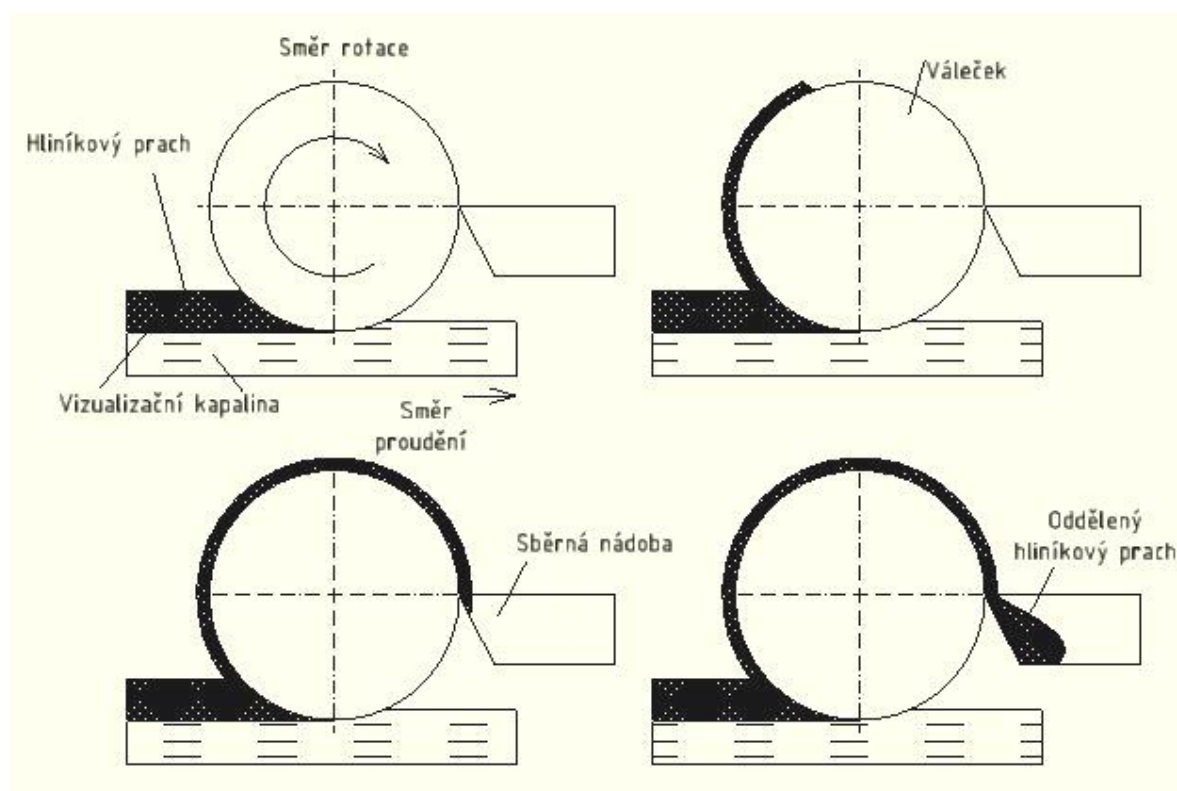
2. PRAKTICKÁ ČÁST

2.1 Vlastní návrh řešení separace:

Vlastní návrh řešení separace hliníkového prachu využívá mechanické stírání. Tento návrh je velmi levný na výrobu a rychlý při separaci hliníkového prachu. Nepotřebuje velký zástavbový prostor.

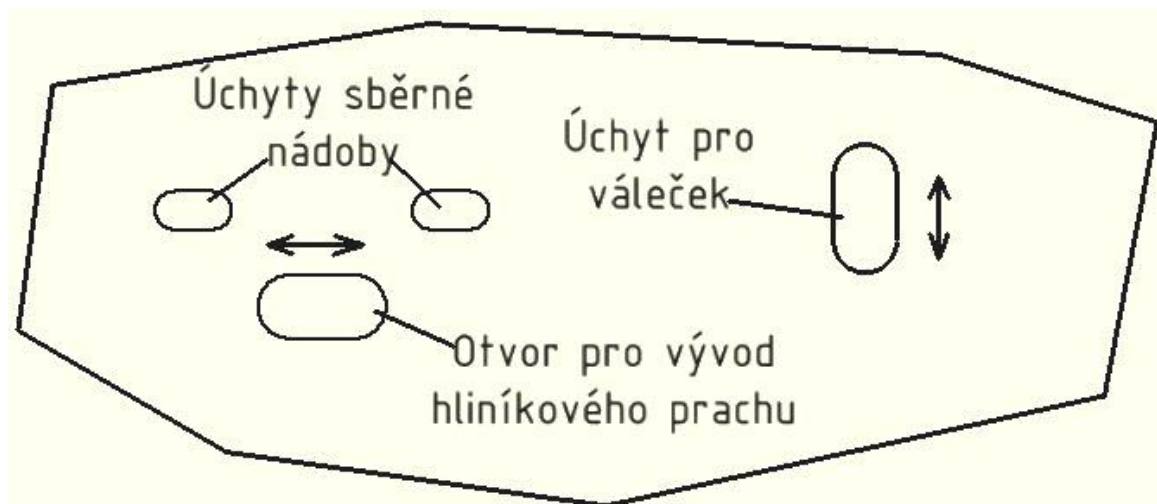
2.1.1 Varianta 1

Na obrázku (Obr.7) je uveden částečný model hydrodynamické vany a konstrukce příslušenství pro separaci hliníkového prachu. Konstrukce je navržena tak, aby při otáčení válečku z hladiny proudící vizualizační kapaliny odebírala hliníkový prach, který se přichycuje na váleček a o sběrnou nádobku se setře a tím oddělí od válečku. Váleček je z materiálu, který zajišťuje přichycení a oddělení hliníkového prachu. Tento materiál musí splňovat námi požadované vlastnosti. Sběrná nádoba (Obr.7 a Obr.8) je navržena (skloněna pod úhlem) tak, aby oddělený hliníkový prach samovolně stékal směrem k odtokovému kanálku, kterým pak dále teče do nádoby. Přítlak sběrné nádoby na váleček je možno volit libovolně díky posuvnému uchycení. Toto příslušenství zajišťuje odtok hliníkového prachu s vodou.

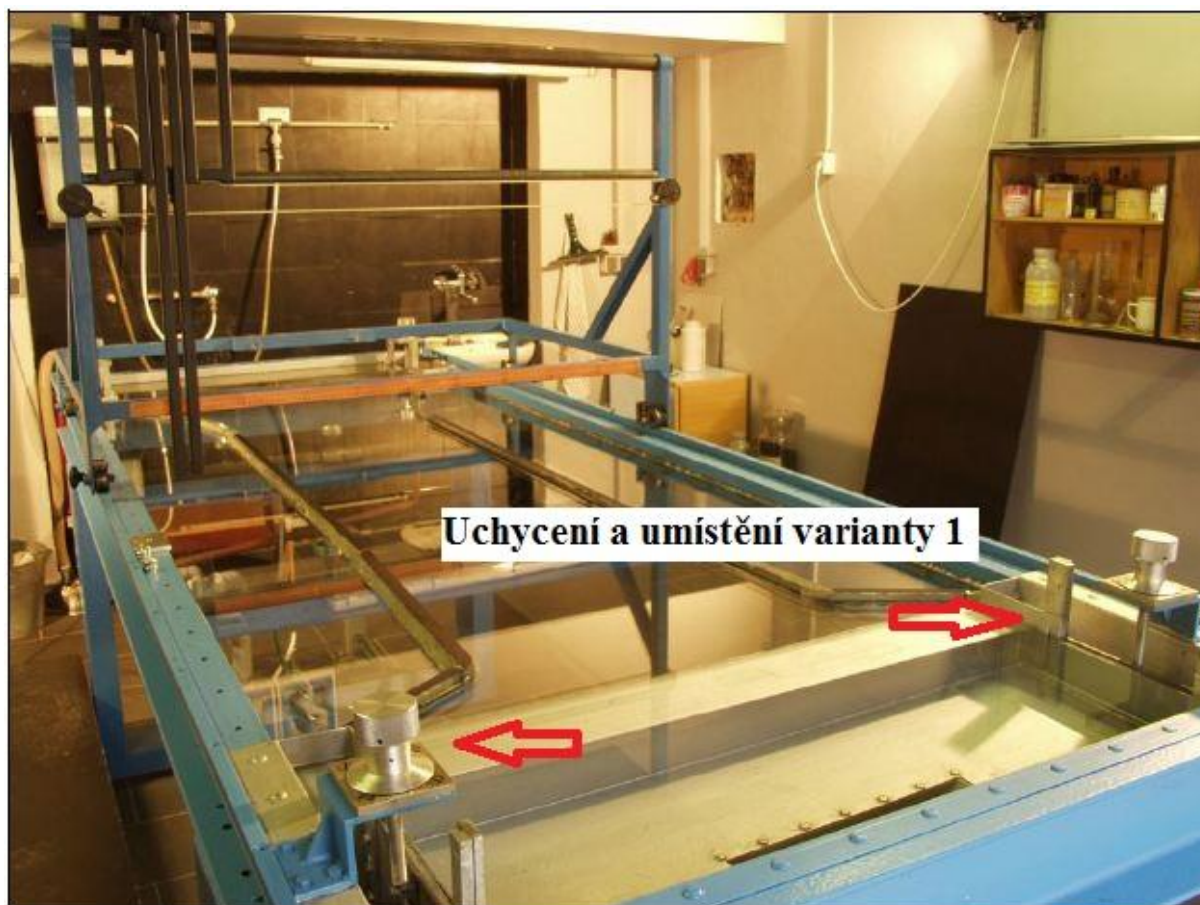


Obr. 5 - Schéma principu separace hliníkového prachu pomocí válečku

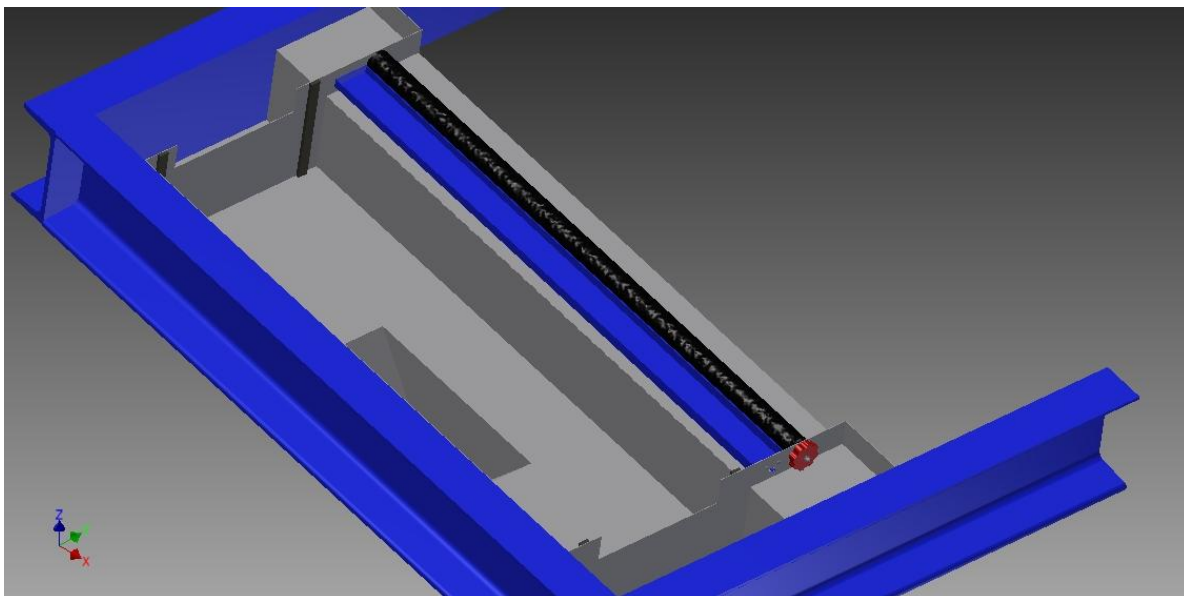
Na obrázku (Obr.6) je znázorněno uchycení válečku a sběrné nádoby. Otvory jsou přizpůsobeny tak, aby eliminovány výrobní nepřesnosti válečku a možnost nastavení vzdálenosti při opotřebení válečku.



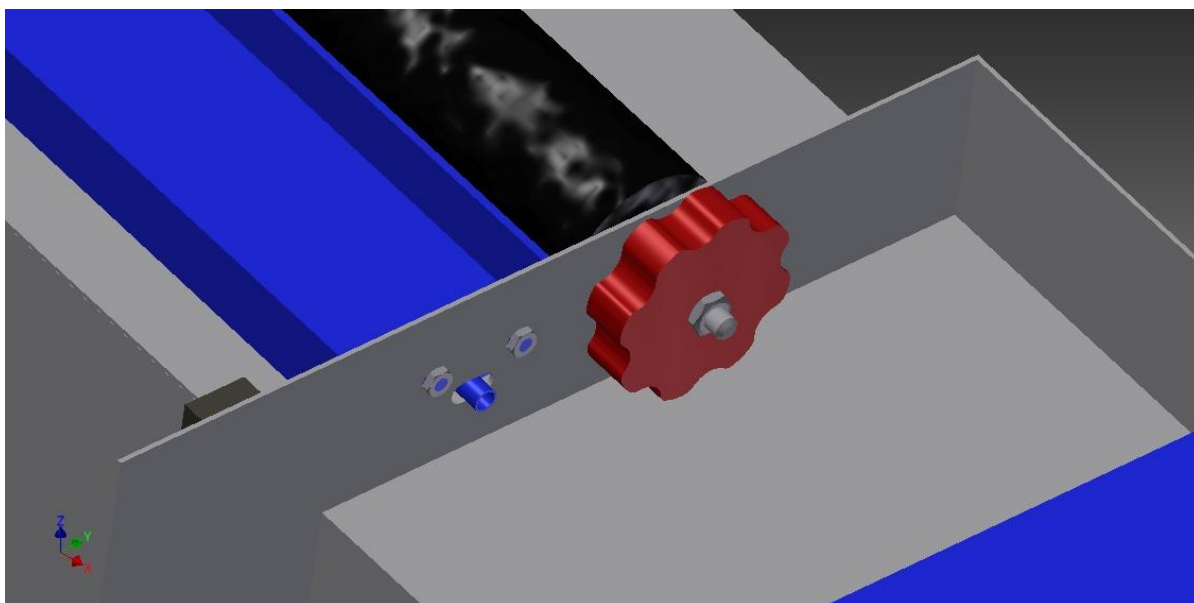
Obr. 6 - Nastavení vzájemné polohy mezi válečkem a sběrnou nádobou



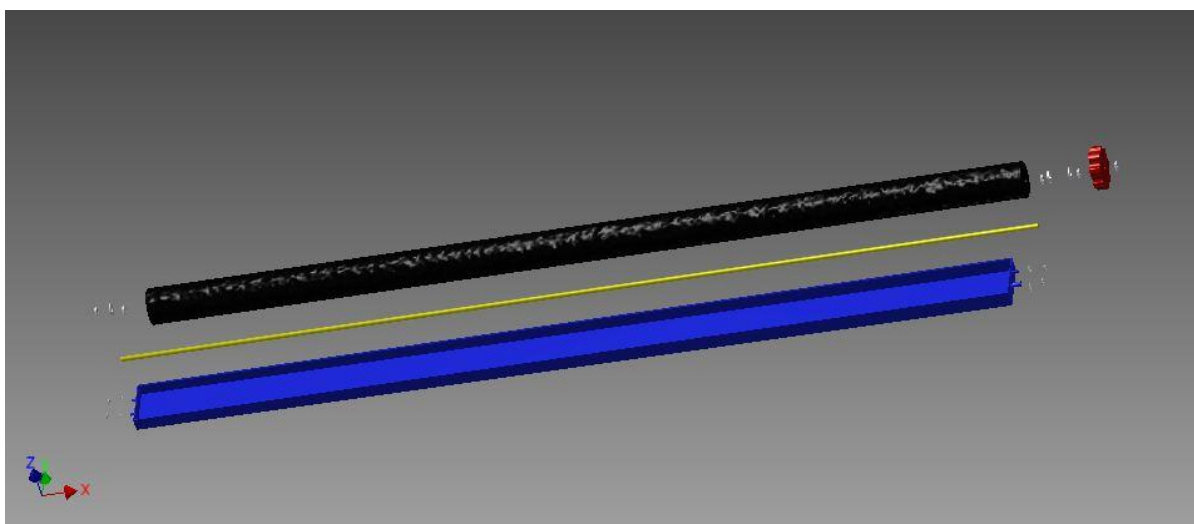
Obr.7 - Umístění a uchycení konstrukce varianty 1



Obr. 8 - Sestava separačního příslušenství v hydrodynamické vaně



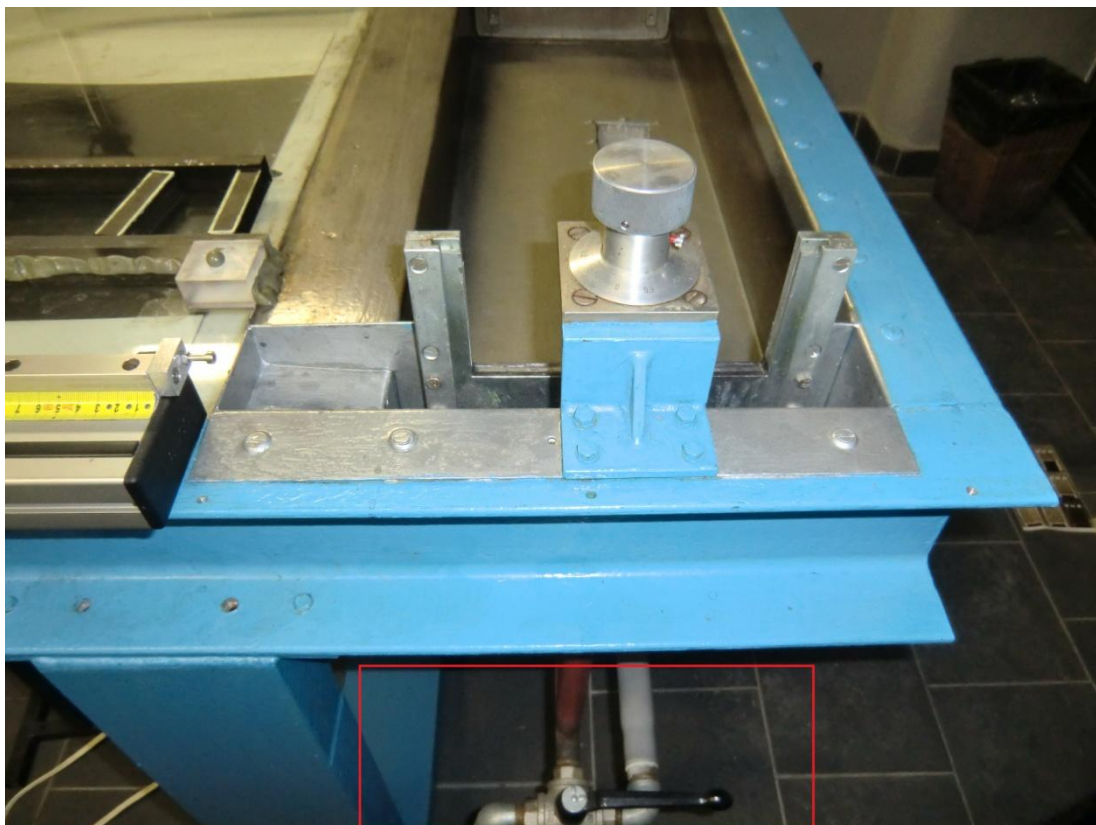
Obr. 9 - Uchycení separačního příslušenství



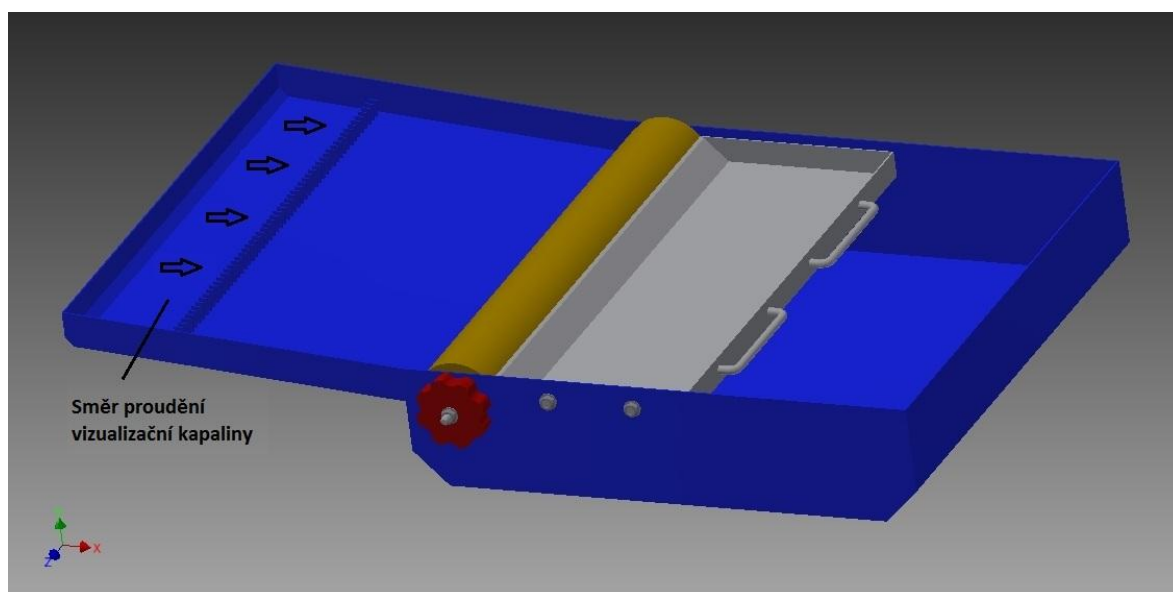
Obr. 10 - Rozložení separačního příslušenství

2.1.2 Varianta 2

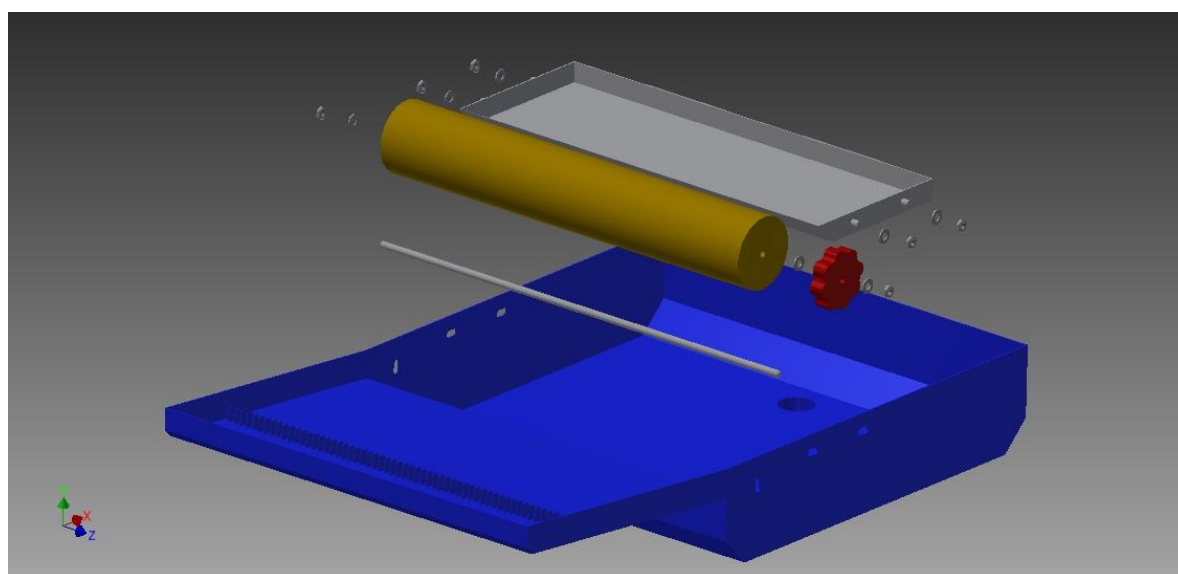
Tato varianta je umístěna pod odtokovou částí hydrodynamické vany. Využívá stejného principu jako varianta 1. Pro uklidnění vizualizační kapaliny jsou ve směru proudu umístěny lopatky pro usměrnění a zklidnění proudu, aby se docílilo rovnoměrného rozprostření. Varianta dvě má menší rozměry než varianta jedna z důvodu menších rozměrů válečku. U varianty jedna by docházelo k narušení výsledků experimentu z důvodů dlouhého válečku. U dlouhého válečku by při otáčení docházelo k nerovnoměrnému přilnutí hliníkového prachu a tím i k přispívání neklidnému chování hladiny vlivem nesymetrie osy rotace.



Obr.11 - Umístění a uchycení konstrukce varianty 2 - na obrázku je znázorněno, kde varianta 2 bude umístěna (ve spod výtokové části). Přítok vizualizační kapaliny bude přiveden pomocí regulačního členu dle obrázku. Odtok kapaliny bude vyveden do kovové trubky umístěné pod výtokovou částí hydrodynamické vany.



Obr.12 - Sestava separačního příslušenství pod hydrodynamickou vanou



Obr.13 - Rozložení separačního příslušenství

2.1.3 Charakteristika zkoušeného materiálu

Zkoušený materiál by měl mít takové vlastnosti, které nám pomohou při separaci hliníkového prachu z vizualizační kapaliny.

Vhodný zkoušený materiál by měl mít tyto vlastnosti:

- velmi dobrou přilnavost
- velmi malou soudržnost při stírání
- dlouhodobé uchování geometrie
- minimální změny vlastností při styku s vizualizační kapalinou

Materiály byly zkoušeny při stejných podmínkách a to:

- teplota ustálené vody v nádobě 20 [°C]
- stejné množství hliníkového prachu gramů na centimetr čtvereční
- sklon zkoušení materiálu opisuje tečnou rovinu válečku při otáčení
- ponořená plocha zkoušeného materiálu (40milimetrů x 50milimetrů)

U každého zkoušeného materiálu je uvedena tabulka s parametry, které jsou sledovány a též vyhodnoceny podle stupnice od 1 (vyhovující) až po 5 (nevyhovující). V tabulce zhodnocení materiálu ve sloupci oddělitelnosti je zahrnut také styk ploch válečku a sběrné nádoby. Styková plocha je buď kov sběrné nádoby a materiál válečku, nebo guma, která je částí sběrné nádoby a materiál válečku.

Tab.2 - Přilnavost - procentuální obsah hliníkového prachu přichyceného na sledovaném povrchu zkoušeného materiálu. Oddělitelnost - procentuální obsah hliníku setřeného ze zkoušeného materiálu ze sledovaného povrchu.

1	2	3	4	5
100%	75%	50%	25%	0%

Tab.3 - Geometrie - vliv opotřebení zkoušeného materiálu při styku s materiálem sběrné nádoby, vliv styku s vizualizační kapalinou

1	2	3	4	5
žádné	mírné	střední	středně velké	velké

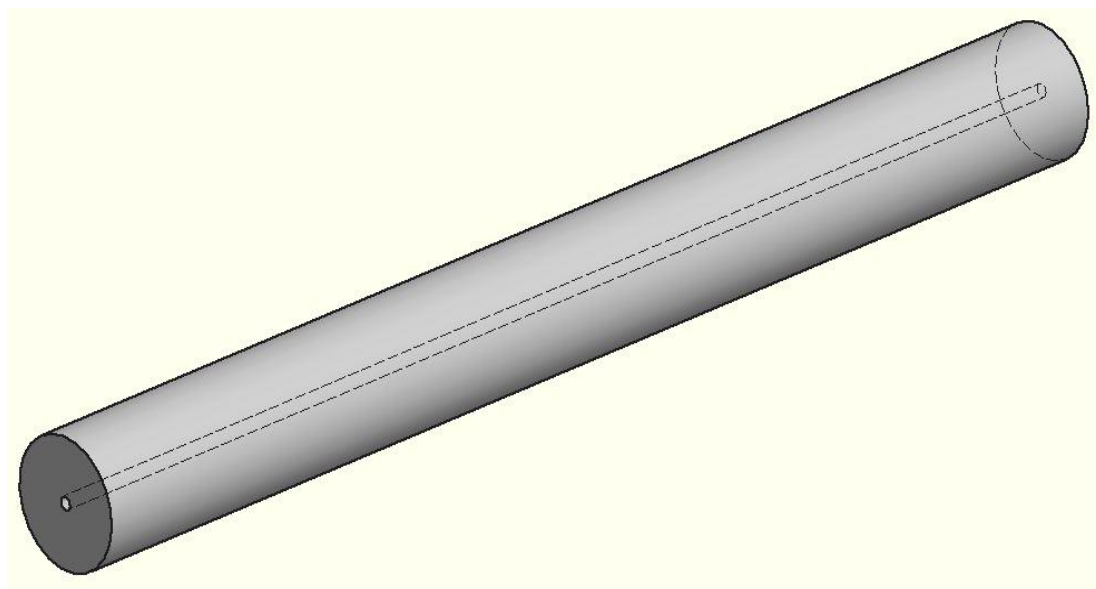
Charakteristika vyhodnocení zkoušeného materiálu

Charakteristické rysy zkoušeného materiálu pro povrch válečku lze shrnout do následujících bodů:

1. Při kontaktu hliníku a zkoušeného materiálu se vyhodnocuje kolik hliníku je přichyceno na sledované ploše po vyjmutí z nádoby.
2. Při stírání byl brán vliv působení stykových ploch materiálů na jejich trvanlivost a také schopnost odstranění hliníku ze zkoušeného materiálu.
3. Při kontaktu zkoušeného materiálu s vodou a hliníkem byly sledovány změny vlastností materiálu tvar, schopnost opakovaného použití (přilnavost, stíratelnost).

2.1.4 Možnosti výroby válečku

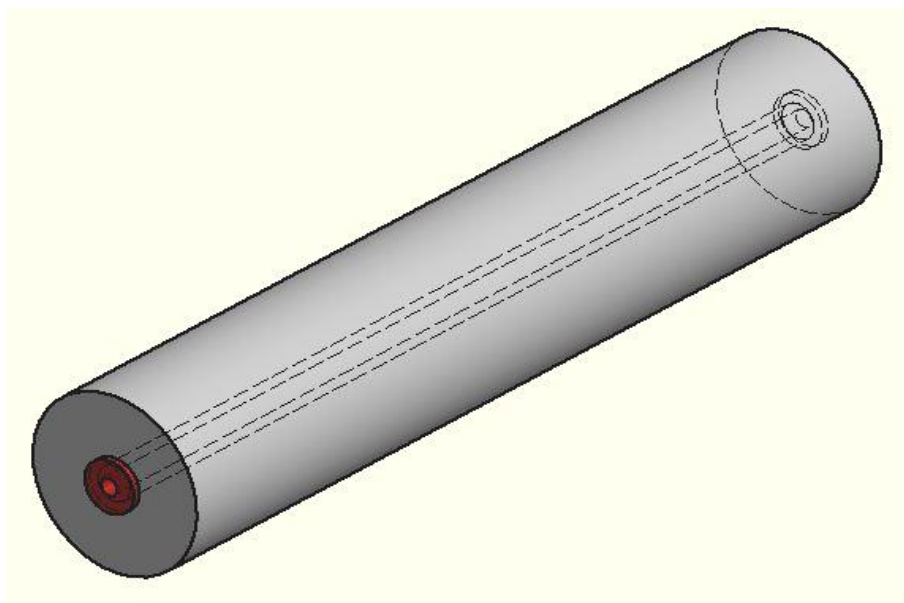
1 - Varianta



Obr. 14 - Ucelený váleček

Výroba uceleného válečku by zahrnovala tyčový polotovar kruhového průřezu daného materiálu a průměru. Dalšími technologickými postupy musí být nařezání polotovaru na danou délku a vyvrtán otvor daného průměru uvnitř polotovaru.

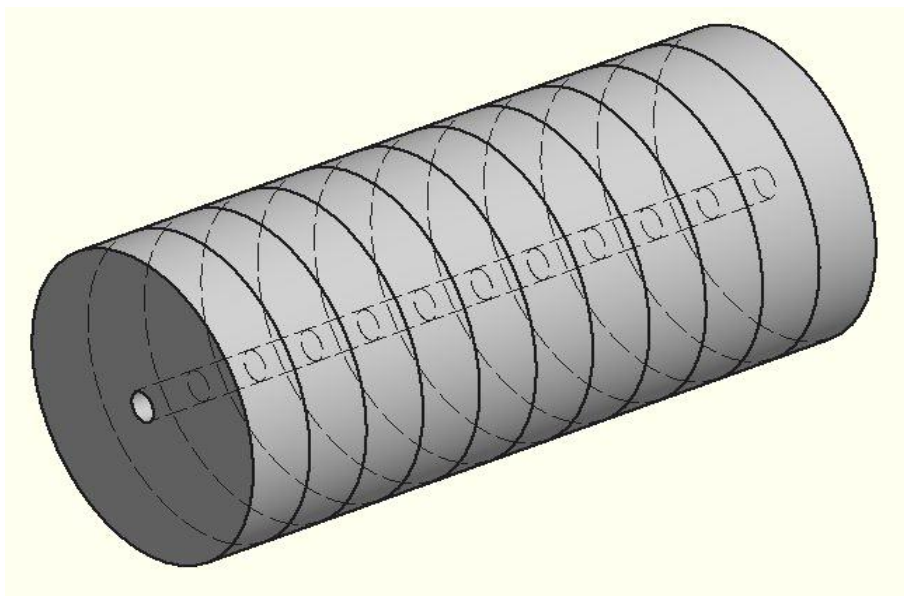
2 - Varianta



Obr. 15 - Složený váleček

Výroba složeného válečku by vycházela stejně jako výroba celistvého válečku, ale do vyvrtaného otvoru daného průměru by byla vložena z jedné strany ocelová trubka dle obrázku mezi kruhového průřezu a na druhé straně by byla zašroubována, aby byl vytvořen tuhý celek.

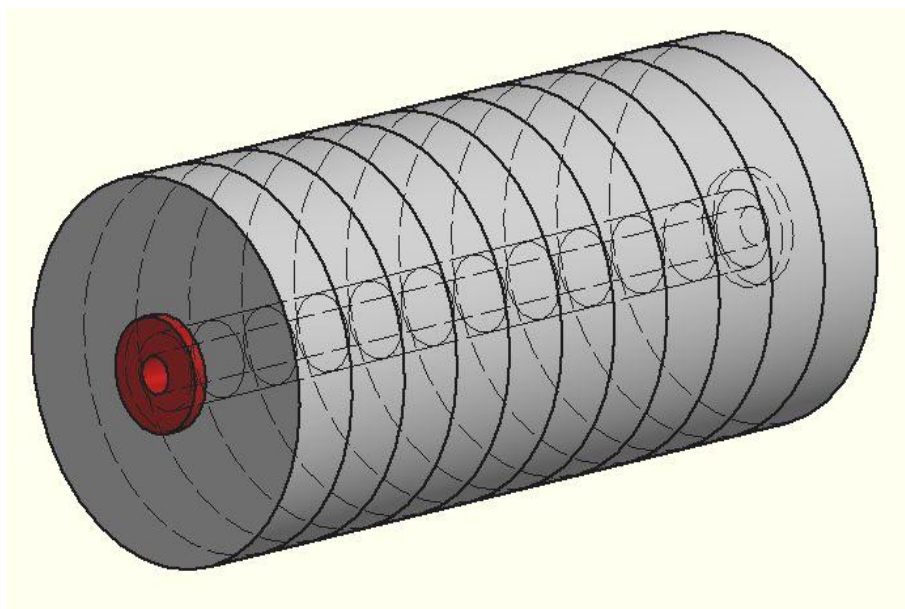
3 - Varianta



Obr. 16 - Celistvý váleček z disků

Výroba válečku z disků mezi kruhového průřezu o dané tloušťce a průměru. Disky musí být nařezány na danou tloušťku a musí být vyvrtána díra v ose disku. Jednotlivé disky se naskládají vedle sebe na nosnou tyč, aby vytvořily daný váleček o dané délce.

4 - Varianta



Obr. 17 - Složený váleček z disků

Tato varianta má stejné technologický postupu jako varianty 2 a 3.

2.1.5 Zkoušené materiály

Byly zkoušeny různé materiály, které by měli vhodné vlastnosti pro povrch válečku. Zkoušené vzorky byly ploché, protože dané materiály nebyly dostupné ve tvaru válečku. Zkoušené vzorky opisovaly směr tečné roviny válečku, aby byl zachován smysl separace podle vlastního návrhu.

Zkoušené materiály: *Sklo*

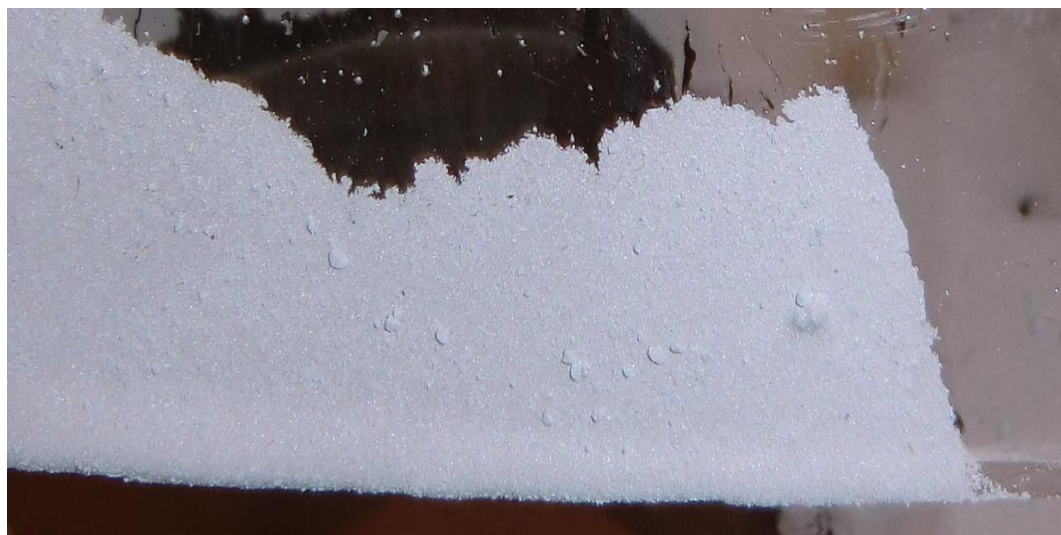


Obr. 18 - Přichycený hliníkový prach na skle

Tab.4 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
1-2	4-5	1	5	1	1	815

Zkoušený materiál: *Plexisklo*

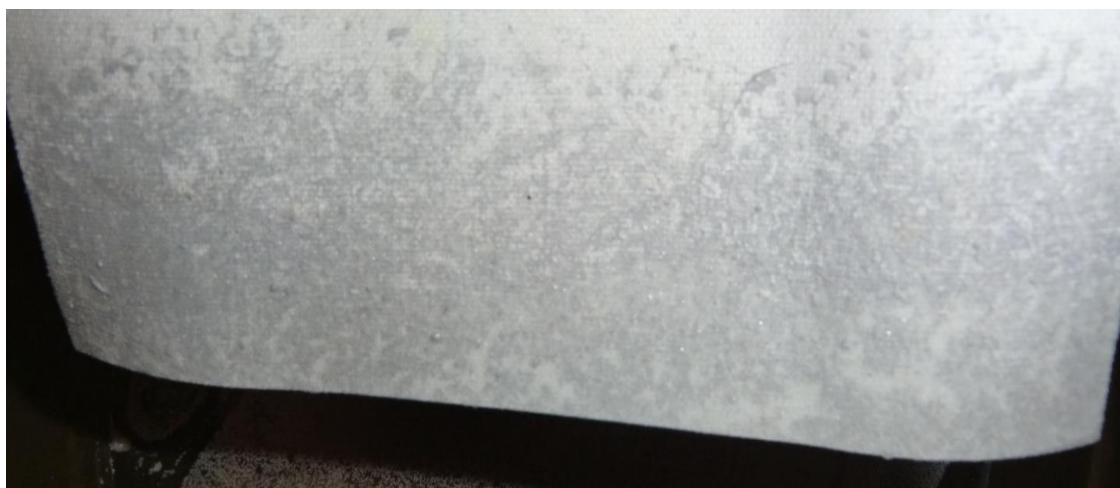


Obr. 19 - Přichycený hliníkový prach na plexiskle

Tab.5 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
1-2	4-5	1	5	1	1	1118

Zkoušený materiál: *Koženka*

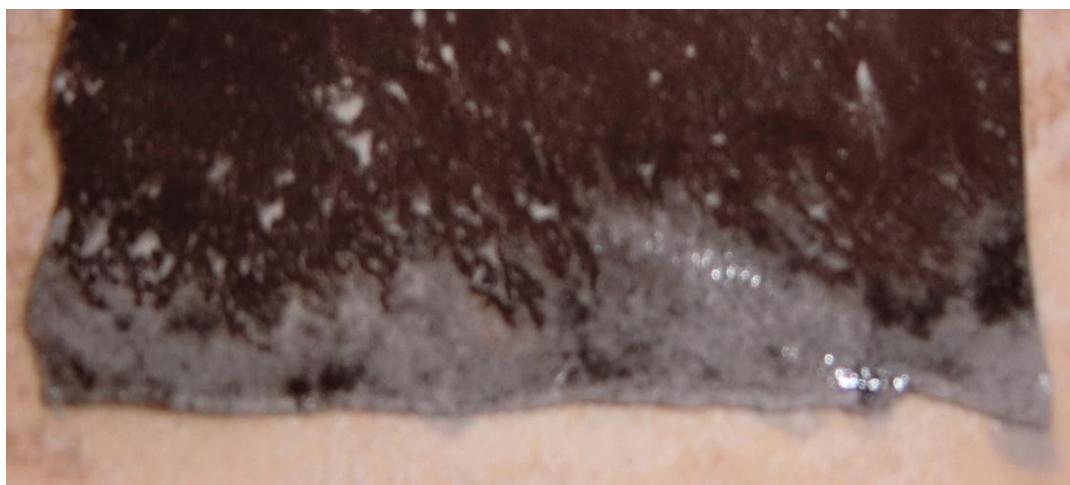


Obr. 20 - Přichycený hliníkový prach na kožence (vlastní tvorba)

Tab.6 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
2-3	4-5	4-5	5	4	3	111

Zkoušený materiál: *Hovězí kůže*



Obr. 21 - Přichycený hliníkový prach na hovězí kůži (vlastní tvorba)

Tab.7 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
3-4	4-5	4-5	5	4	5	28

Zkoušený materiál: Kobercová izolepa



Obr. 22 - Přichycený hliníkový prach na kobercové izolepě (vlastní tvorba)

Tab.8 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
4-5	4-5	1-2	4-5	1	1	127

Zkoušený materiál: Korek

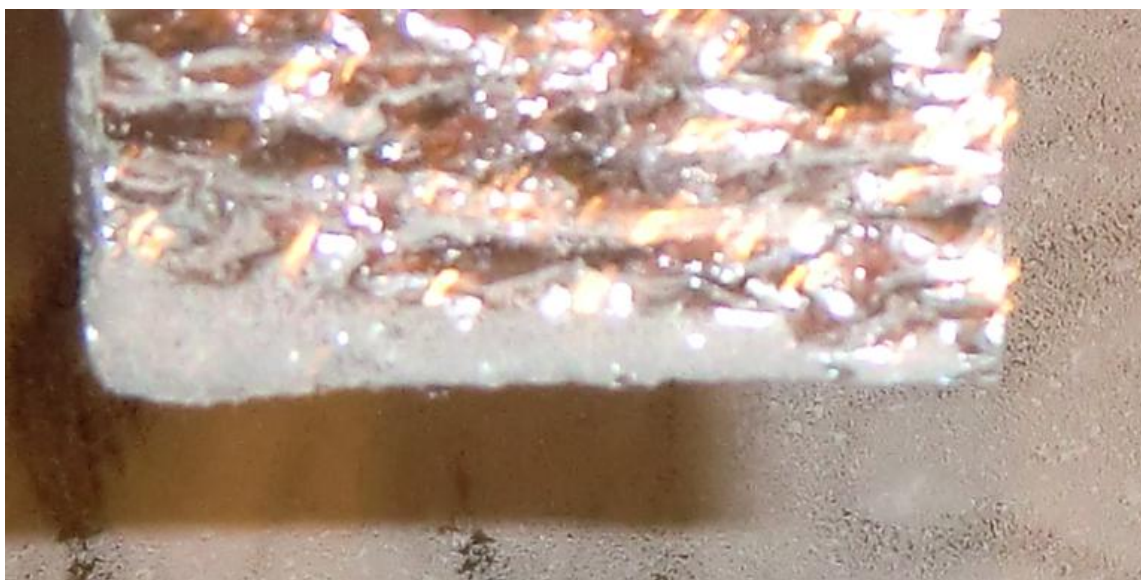


Obr. 23 - Přichycený hliníkový prach na korku (vlastní tvorba)

Tab.9 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
4-5	4-5	3-4	5	3	5	733

Zkoušený materiál: Alobal



Obr. 24 - Přichycený hliníkový prach na alobalu (vlastní tvorba)

Tab.10 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
4-5	4-5	3-4	5	4	1	37

Zkoušený materiál: *Guma*

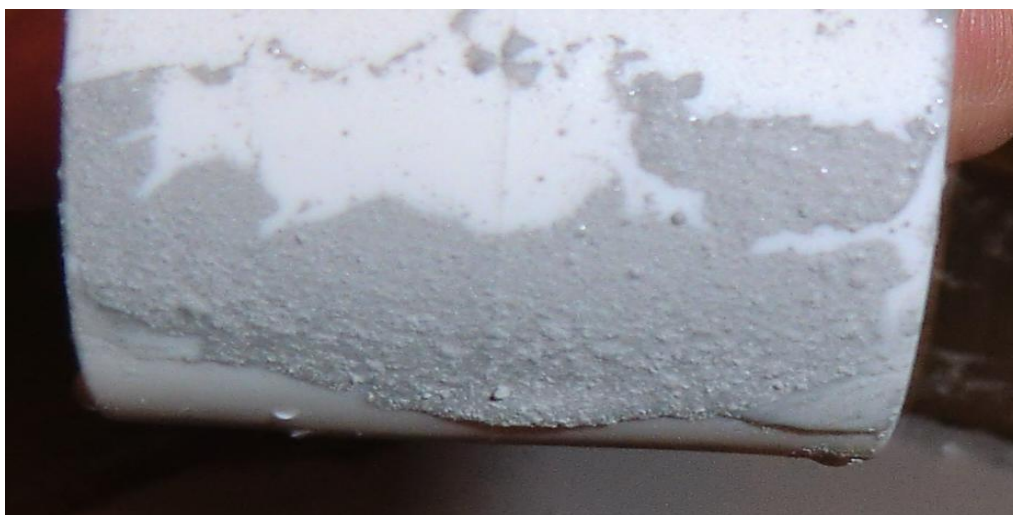


Obr. 25 - Přichycený hliníkový prach na gumě (vlastní tvorba)

Tab.11 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/m ²)
3-4	1-2	1	5	1	1	429

Zkoušený materiál: *Polyethylen (PE)*



Obr. 26 - Přichycený hliníkový prach na PE (vlastní tvorba)

Tab.12 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/Kg)
2-3	4-5	1	5	1	1	92

Zkoušený materiál: Polypropylen (PP)



Obr. 27 - Přichycený hliníkový prach na PP (vlastní tvorba)

Tab.13 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč/Kg)
4-5	4-5	1-2	5	2	1	92

Zkoušený materiál: Pórovitá guma



Obr. 28 - Přichycený hliníkový prach na pórovité gumě (vlastní tvorba)

Tab.14 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč)
1-2	3-4	3-4	4-5	1	1	100

Zkoušený materiál: *Pórovitý materiál*



Obr. 29 - Přichycený hliníkový prach na pórovitém materiálu (vlastní tvorba)

Tab.15 - Vyhodnocené vlastnosti zkoušeného materiálu

Přilnavost	Oddělitelnost (kov/guma)		Geometrie (kov/guma)		Geometrie (změna vlastností)	Cena (Kč)
1	4-5	4-5	2	2	5	100

3. Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo provést rešerši možností odstraňování hliníkového prachu z vody, rešerši metod odstraňování hliníkového prachu vhodné k aplikaci na experimentálním zařízení a realizovat experimenty pro ověření navržené metody. Dalším úkolem bylo vypracovat základní technickou dokumentaci k navržené metodě odstranění hliníkového prachu.

V teoretické části jsem se věnoval stručnému vysvětlení teoretickým základům, které musíme znát před realizací experimentu na hydrodynamické vaně. Zahrnovala je část vizualizačních metod, které lze realizovat na hydrodynamické vaně, vytvoření disperzní soustavy pro zachycení sledovaného děje při experimentu. Při experimentu se na hladinu nanáší hliníkový prach je vhodné i přes minimální použitelnou koncentraci odstranit kvůli jeho nepříznivým vlivům na životní prostředí.

V praktické části byly charakterizovány některé metody separace, které lze realizovat na hydrodynamické vaně a provedl jsem vlastní návrh řešení odstraňování hliníkového prachu z vizualizační kapaliny. Vlastní návrh se skládal ze dvou variant. Obě varianty byly na stejném principu využití mechanických vlastností hliníkového prachu. Navržená metoda kontinuálně odstraňovala hliníkový prach z vizualizační kapaliny. Dalším krokem v praktické části bylo vyhodnocení různých materiálů, které byly zkoušeny za stejných podmínek. Vyhodnocovanými vlastnostmi byla přilnavost a oddělitelnost hliníkového prachu a změna geometrie při procesu odstraňování hliníkového prachu. U každého zkoušeného materiálu je uvedena tabulka s hodnotící škálou od 1 (vyhovuje) až 5 (nevyhovuje). Materiál, který nejlépe splňoval daná kritéria hodnocení byl zároveň materiálem, ze kterého se vyrobí váleček.

Hliníkový prach má široké spektrální využití. Nachází velké uplatnění v chemickém průmyslu, při výrobě tiskařských barev, využívá se např. v automobilovém a leteckém průmyslu. Hliníkový prach se používá též při výrobě různých brusiv a keramik. Další uplatnění nachází prach hliníku v zábavném pyrotechnickém průmyslu, i ve směsích s uhlíkem určených na přípravu ohňostrojů. Hliníkový prach má také využití v experimentální mechanice tekutin. Vlastní návrh konstrukce pro separaci hliníkového prachu by mohl mít uplatnění i v několika výše zmíněných odvětvích. Při výrobě kovových prachů dochází k znečištění např. oděvů dělníků, samotných strojů, různých pomůcek při jejich výrobě. Mycí technika zároveň také shromažďuje tyto částice kovového prachu při čištění pracovních prostor. Pokud by došlo k očištění těchto věcí proudem vody a následnému použití navržené konstrukce než znečištěná voda vteče do kanalizace mohlo by dojít k zefektivnění výroby o tento zachycený kovový prach. Konstrukce lze přizpůsobit na mnoho různých druhů kovového prachu díky variabilitě nahrazení válečku z jiného materiálu, který bude daný prach účinně odebírat.

4. Seznam použité literatury

- [1] Řezníček, R.: Visualisace proudění, Academia Praha, 1972
- [2] Petříková, M.: Hydrodynamická vana s nízkou hladinou, In.: Mechanical Engineering, 2007
- [3] Michna, Š. a kol.: Encyklopedie hliníku, ADIN 2006
- [4] Kvítek, L., Panáček, A.: Základy koloidní chemie, Univerzita Palackého Olomouc, 2007
- [5] Sklenák, L.: Preparativní a separační metody, Technická univerzita Ostrava, 2005

Použité internetové stránky

- http://cs.wikipedia.org/wiki/Separa%C4%8Dn%C3%AD_metody - 22.5.2013
- <http://ottp.fme.vutbr.cz/~pavelek/optika/> - 22.5.2013
- <http://www.kralupy.cz/dg/www2/stranky/chemie/index.htm> - 22.5.2013
- <http://cs.wikipedia.org/wiki/Vypa%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD> - 22.5.2013
- <http://www.sklobendl.cz/cenik/cenik-skla.html> - 22.5.2013
- <http://www.plexisklo.eu/public/media/ceniky/cenik-plexisklo-plexiglas-extrudovane-xt-lite-gs.pdf> - 22.5.2013
- <http://sedaci-vaky.kampet.cz/zbozi/3394/Textilni-kuze---kozenka---ekokuze---metraz-1bm.htm> - 22.5.2013
- http://hurka.uhobitu.cz/product.php?id_product=483 - 22.5.2013
- <http://www.rafoshop.cz/lepici-pasky-lepenky-izolepy-odvijece-pasek/lepici-paska-kobercova-textilni-48mm-10m--ruzne-barvy> - 22.5.2013
- <http://www.likor.cz/katalog/podlahy/korkove-podlahy/> - 22.5.2013
- <http://www.rti.cz/cenik.html#hlinikovafolie> - 22.5.2013
- <http://www.aditeg.cz/> - 22.5.2013
- <http://www.gascontrolplast.cz/desky-plastove-pe-pp-cenik.html> - 22.5.2013

5. Seznam příloh

I. Saturnová čern

II. Hliníkový prach

III. Výkres varianty 1

IV. Výkres varianty 2